التوصية ITU-R M.2162-0

(2023/12)

السلسلة M: الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع العاملة في مدى التردد GHz 100-92 وأنظمة الملاحة الراديوية العاملة في مدى التردد GHz 100-95

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدورٍ يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يَرِدُ وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في القرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني https://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	**الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة**
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2024

© ITU 2024
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R M.2162-0

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع العاملة في مدى التردد GHz 100-92 وأنظمة الملاحة الراديوية العاملة في مدى التردد GHz 100-95

(2023)

مجال التطبيق

تتضمن هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع وأنظمة الملاحة الراديوية العاملة في مدى التردد GHz 100-92. والهدف من المعلمات هو استخدامها كمبادئ توجيهية عند تحليل التوافق بين الرادارات العاملة في خدمة التحديد الراديوي للموقع أو خدمة الملاحة الراديوية والأنظمة العاملة في الخدمات الأخرى.

كلمات رئيسية

رادار، خصائص

المختصرات/مسرد المصطلحات

EESS خدمة استكشاف الأرض الساتلية (*Earth exploration-satellite service*)

FMCW موجة حاملة بتشكيل التردد (*Frequency modulated carrier wave*)

FOD حُطام أجسام غريبة (*Foreign object debris*)

I/N نسبة التداخل إلى الضوضاء (*Interference-to-noise ratio*)

RR لوائح الراديو (*Radio Regulations*)

توصيات وتقارير الاتحاد ذات الصلة

التوصية ITU-R F.699 – مخططات الإشعاع المرجعية لأنظمة الهوائيات اللاسلكية الثابتة التي يجب استعمالها في دراسات التنسيق وفي تقييم التداخل في مدى التردد الذي يتراوح بين MHz 100 ونحو GHz 86

التوصية ITU-R M.1851 – نماذج رياضية لمخططات هوائيات أنظمة الرادارات في خدمة الاستدلال الراديوي يتعين استخدامها في الدراسة التحليلية للتداخل

التوصية ITU-R M.1461 – إجراءات تحديد احتمالات التداخل بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي وأنظمة الخدمات الأخرى

التوصية ITU-R M.1466 – خصائص ومعايير حماية الرادارات العاملة في خدمة الملاحة الراديوية في نطاق التردد GHz 33,4-31,8

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن خصائص الهوائي وانتشار الإشارة وكشف الأهداف وعرض النطاق العريض اللازم للرادار من أجل تحقيق وظائفها هي خصائص مثلى في بعض نطاقات التردد؛

ب) أن الخصائص التقنية للرادارات العاملة في خدمتَي التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية تتحدَّد وفقاً لمهام النظام وتختلف اختلافاً كبيراً حتى داخل نطاق التردد الواحد؛

ج) أن الخصائص التقنية والتشغيلية التمثيلية للرادارات العاملة في خدمتَي التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية ضرورية لتحديد، إذا لزم الأمر، جدوى إدخال أنواع جديدة من الأنظمة في نطاقات التردد الموزَّعة لخدمتي التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية،

وإذ تدرك

أ) أن الرقم **554.5** من لوائح الراديو (RR) ينصّ على أنه في نطاق التردد 95–100 GHz، يُرخَّص أيضاً للوصلات الساتلية التي توصل بين محطات برية واقعة في نقاط ثابتة محدَّدة حين تُستخدم بالاقتران مع الخدمة المتنقلة الساتلية أو خدمة الملاحة الراديوية الساتلية؛

ب) أن نطاق التردد 92-94 GHz موزَّع لخدمة الفلك الراديوي على أساس أولي؛

ج) أن نطاق التردد 94-94,1 GHz موزَّع لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشيطة)، وخدمة الأبحاث الفضائية (النشيطة)، وخدمة التحديد الراديوي للموقع على أساس أولي، وخدمة الفلك الراديوي على أساس ثانوي؛

د) أن استخدام نطاق التردد 94-94,1 GHz من قِبل خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) وخدمة الأبحاث الفضائية (النشيطة) يقتصر على رادارات رصد السُّحُب المحمولة في الفضاء؛

هـ) أن نطاق التردد 94,1-95 GHz موزَّع للخدمة الثابتة، والخدمة المتنقلة، وخدمة الفلك الراديوي، وخدمة التحديد الراديوي للموقع على أساس أولي؛

و) أن نطاق التردد 95-100 موزَّع للخدمة الثابتة، والخدمة المتنقلة، وخدمة الفلك الراديوي، وخدمة التحديد الراديوي للموقع، وخدمة الملاحة الراديوية، وخدمة الملاحة الراديوية الساتلية على أساس أولي؛

ز) أن الرقم **149.5** من لوائح الراديو يُطبّق في نطاقَي التردد 92-94 GHz و94,1-100 GHz، حيث "تُحث الإدارات على اتخاذ جميع الخطوات الممكنة عملياً لحماية خدمة الفلك الراديوي من التداخلات الضارة. ويمكن لإرسالات المحطات المحمولة في الفضاء أو المحمولة جواً أن تشكّل مصادر تداخل شديد للغاية على خدمة الفلك الراديوي"؛

ح) أن الرقم **340.5** من لوائح الراديو ينطبق، فيما يتعلق بالنطاق المنفعل في نطاقَي التردد 86-92 GHz و100-102 GHz حيث تُحظر جميع الإرسالات،

وإذ تلاحظ

أن التوصية ITU-R M.1461 تُستعمل أيضاً كمبادئ توجيهية عند تحليل التوافق بين الرادارات العاملة في خدمة الاستدلال الراديوي والخدمات الأخرى الموزع لها نطاق التردد،

توصي

1 بأن تعتبر الخصائص التقنية والتشغيلية ومعايير الحماية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية التي يَرِدُ وصفها في الملحق خصائص تمثيلية للأنظمة العاملة في نطاق التردد 92-100 GHz؛

2 بمراعاة الخصائص الواردة في الملحق، عند إجراء دراسات التقاسم والتوافق.

الملحق

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع والملاحة الراديوية العاملة في مدى التردد 92-100 GHz

1 مقدمة

ثمة أنواع مختلفة من الرادارات العاملة في مدى التردد 92-100 GHz. ويَرِدُ وصفٌ لخصائصها التشغيلية والتقنية في الفقرات التالية.

2 خصائص الرادارات العاملة في مدى التردد 92-100 GHz

تَرِدُ في الأقسام التالية الخصائص التمثيلية لأنظمة التحديد الراديوي للموقع العاملة في مدى التردد 92-100 GHz. والمعلومات المقدَّمة في هذا الملحق كافية لإجراء حسابات عامة لتقييم التوافق بين هذه الرادارات والأنظمة الأخرى.

1.2 رادارات الأحوال الجوية القائمة على الأرض العاملة في مدى التردد 94-100 GHz

يوفر مدى التردد 94-100 GHz الخصائص المناسبة التي يمكن استخدامها لإجراء دراسة مخصَّصة للسُّحب والضباب. وتستخدم هذه الرادارات مرسل بقدرة قصوى منخفضة وتكنولوجيا الموجة المستمرة بتشكيل التردد. وتوفر هذه الرادارات، في التشغيل الرأسي، النفاذ إلى التوزيع الرأسي للسُّحب وسرعة ترسيب التكثُّفات المائية الجوية وتقيس الطاقة المنتثرة عكسياً بفعل هذه التكثُّفات المائية الجوية. ويمكن أن تكون هذه الطاقة مرتبطة بكمية المياه الموجودة في السُّحب (السائل والجليد). وتوفر إمكانية دوبلر لهذه الرادارات إمكانية قياس سرعة التكثُّفات المائية الجوية على طول خط الرؤية.

ويمكن بعدئذ رصد مجموعة واسعة ومتنوعة من ظروف الأرصاد الجوية وأنواع السُّحب، بما في ذلك السُّحب المنخفضة والضباب والسُّحب الرقيقة (السمحاق) والهواطل السائلة. وعلى سبيل المثال، من شأن التهيئة القائمة على استبانة رأسية قدرها 25 m، وزمن تكامل محدَّد عند 3 s (مع أقصى مدى قدره 12 km)، وسرعة نيكويست قدرها 5 $m\ s^{-1}$، أن توفر القدرة على الكشف المستمر عن جميع أنواع السُّحب بحساسية تبلغ –44 dBz تقريباً عند 1 km لفترة زمنية متواصلة.

وفي العادة تُنشر هذه الرادارات، استناداً إلى خصائصها وقدراتها على الكشف، في محيط المطارات وهي توفر بيانات مجمّعة مهمة للحركة الجوية.

الجدول 1

خصائص الرادارات العاملة في مدى التردد 94-100 GHz

المعلَمة	الرادار A
التطبيق	الطقس (الكشف عن هطول الأمطار الغزير)
منطقة النشر	حول العالم، موقع ثابت
مدى التوليف (GHz)	94-100
نوع المرسِل	حالة صلبة
قدرة الإرسال (Tx) باتجاه الهوائي (القصوى) (W)	0,5-1
الاستقطاب	خطي
مدة النبضة (ms)	0,04-0,16
تشكيل التردُّد	FMCW

الجدول 1 *(تتمة)*

المعلَمة	الرادار A
فترة تكرار النبضة (µs)	160-80
نمط الهوائي	مكافئي
ارتفاع الهوائي بالنسبة إلى سطح الأرض (m)	1
كسب الهوائي (dBi)	54
قُطر الهوائي (m)	0,6
عرض حزمة الهوائي في اتجاه السمت (بالدرجات)	0,4
عرض حزمة الهوائي في اتجاه زاوية الارتفاع (بالدرجات)	0,4
المستويات القصوى للفصوص الجانبية للهوائي (SL) (dBi)	24
نمط مخطط إشعاع الهوائي	التوصية ITU-R M.1851، المخطط COS^2
الضوضاء الأصلية للمستقبل (dBm) (انظر التوصية M.1461 تحت المعادلة (4))	93,2–...105–
معامل ضوضاء المستقبِل (dB)	7
عرض نطاق الإرسال RF (MHz)	حتى 24
عرض النطاق IF عند 3 dB للمستقبِل (MHz)	24-1,5
معيار الحماية للنسبة تداخل إلى ضوضاء (dB)	6–

2.2 أنظمة الكشف عن حُطام الأجسام الغريبة العاملة في مدى التردد GHz 100-92 في المطارات

يمكن لأنظمة الكشف عن حُطام الأجسام الغريبة (FOD) العاملة في مدى التردد GHz 100-92 أن توفر أداءً يتسم بحساسية كشف عالية، وزمن استجابة قصير للكشف، وتغطية كافية لمراقبة مَدْرَج المطار ودقة عالية في تحديد الموقع لتشغيل المطار بطريقة آمنة. ويوجز الجدول 2 الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة الكشف عن حُطام الأجسام الغريبة العاملة في مدى التردد GHz 100-92.

ويُقصد بحُطام الأجسام الغريبة أيّ جسم موجود في مكان غير مناسب في بيئة المطار من شأنه أن يتسبّب بإصابة موظفي المطار أو موظفي شركات الطيران وأن يُلحق الضرر بالطائرات. ويشكّل وجود حُطام الأجسام الغريبة في مَدْرج المطار، أو الممرّات الأرضية الجانبية، أو مواقف أو ساحات اصطفاف الطائرات، تهديداً كبيراً لسلامة السفر جواً. وقد يُلحق حُطام الأجسام الغريبة الضرر بالطائرات خلال المراحل الحرجة من الرحلة الجوية، وهو ما قد يتسبّب بخسائر فادحة في الأرواح وبتلف كبير في هيكل الطائرة، وزيادة تكاليف الصيانة والتشغيل. ولكن يمكن الحدّ من مخاطر حُطام الأجسام الغريبة باستخدام معدات الكشف عن مثل هذا الحُطام.

ويمكن أن تتسبّب مخاطر حُطام الأجسام الغريبة بإصابات بالغة لموظفي المطارات وموظفي شركات الطيران أو أن تُلحق الضرر بالمعدات. وتشمل أنواع الأضرار المحتملة ما يلي: انسلاخ إطارات الطائرات؛ والتهام محركات الطائرات لها؛ أو أن تعلقَ في آليات تؤثر في تشغيل الرحلة الجوية. ويمكن أن تحدث إصابات الموظفين عندما تنفث محركات الطائرات حُطام الأجسام الغريبة في بيئة المطار وبسرعة عالية.

وتشكل المواد الداكنة اللون ما يقرب من 50% من مواد حُطام الأجسام الغريبة التي يتم جمعها. وتبلغ الأبعاد الشائعة لمواد حطام الأجسام الغريبة 3 cm x 3 cm أو أصغر من ذلك. ويشمل حُطام الأجسام الغريبة ما يلي:

- أجزاء التثبيت في الطائرات والمحركات (الصواميل، البراغي، حلقات الإحكام، أسلاك الأمان، إلخ.)
- أجزاء الطائرات (أغطية فتحات خزانات الوقود، والشظايا الناجمة عن عجلات الهبوط، مِقياس زيت المحرك، والصفائح المعدنية، والأبواب الخفية، وشظايا الإطارات)
- أدوات الأعمال الميكانيكية
- إمدادات تقديم الطعام

- عناصر الخطوط الجوية (المسامير، شارات الموظفين، أقلام الحبر، أقلام الرصاص، بطاقات الأمتعة، علب المشروبات الغازية، وما إلى ذلك)؛
- عناصر مواقف الطائرات (مخلفات المواد الورقية والبلاستيكية من منصات تقديم الطعام والشحن، وأجزاء الأمتعة، ومخلفات معدات اصطفاف الطائرات)
- مواد المدْرَج والممرات الأرضية الجانبية (القطع الخرسانية والإسفلتية، ومواد الوصلات المطاطية، ورقائق الطلاء)
- مخلفات البناء (قطع الخشب والأحجار وأجزاء التثبيت والأجسام المعدنية المتنوعة)
- المواد البلاستيكية و/أو مواد البولي إيثيلين
- المواد الطبيعية (مخلفات النباتات والحياة البرية)
- الملوِّثات من الأحوال الجوية الشتوية (الثلج والجليد).

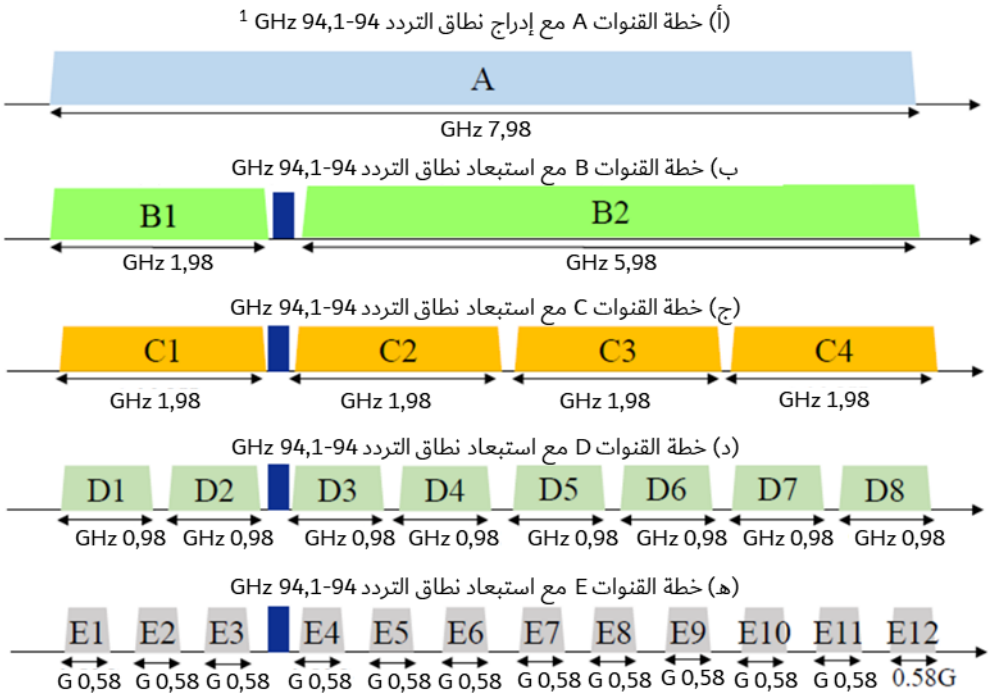
الجدول 2

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة الكشف عن حُطام المواد الغريبة العاملة في مدى التردد GHz 100-92

المعلَمات	القيم
مدى التردد (GHz)	100 ... 92
عرض نطاق القناة (GHz)	7,98 ... 0,58
خطة القناة	انظر الشكل 1
القدرة القصوى للإرسال (mW)	200-100
تردد الكنس (FMCW) (kHz)	1,250
نمط الهوائي	كاسْغران
كسب الهوائي (dBi)	44
مخطط إشعاع الهوائي	التوصية ITU-R F.699
ارتفاع الهوائي (m)	8 ... 4
العرض الكامل عند نصف أقصى كسب للهوائي (عرض الحزمة 3 dB)	الارتفاع: 1,0، السّمت: 1,0
سرعة دوران الهوائي (rpm)	15
مسافة الكشف (m)	500 ... 200
زاوية الدوران المشّعة في اتجاه السّمت (degree)	±60
مواصفة المقطع الراداري المستعرض (dB/m^2)	–20
دقة المدى (cm)	50 ... 3
عرض نطاق الإرسال (–3 dB) (MHz)	1
عرض نطاق الإرسال(–20 dB) (MHz)	3,5
نسبة تسرب القناة المجاورة (dBc)	70 – >
معامِل ضوضاء المستقبِل (dB)	10
معيار الحماية للنسبة تداخل إلى ضوضاء (dB)	–6

الشكل 1

خطة القنوات لأنظمة الكشف عن حُطام الأجسام الغريبة العاملة في مدى التردد GHz 100-92



[1] ستُستخدم خطة القنوات هذه في حالة وجود تقنيات التخفيف لحل مشكلات التعايش مع الخدمة EESS (النشيطة).

M.2162-01

3.2 رادار الموجة المليمترية المحمول جواً المستخدَم للمساعدة على الهبوط والذي يعمل في مدى التردد GHz 100-95

يوفر نطاق التردد GHz 100-95 تسوية مفيدة بين الاختراق الجوي في جميع الأحوال الجوية والدقة الزاوية لتحقيق رادار صغير الحجم محمول جواً يكون مناسباً لعمليات المساعدة على الهبوط في خدمة الملاحة الراديوية.

وفي المقام الأول، يستهدف رادار المساعدة على الهبوط تشغيل أنظمة تحسين الرؤية أثناء الطيران من أجل توفير بث فيديوي راداري يساعد الطيارين على الاستعانة بإشارات بصرية تتجاوز رؤيتهم الطبيعية، مثل الاقتراب من مواقف الطائرات أو عتبة المدرج أو الحواف. ويمكن أيضاً أن يعمل رادار الموجة المليمترية كنظام لتحديد الموقع والملاحة للمساعدة على توجيه الطائرة نحو منطقة الهبوط على طول جزء الاقتراب النهائي. وهو يشكّل بديلاً مستقلاً على متن الطائرة لأنظمة الهبوط الآلي على مدارج المطارات غير المجهزة. والهدف الرئيسي هو ضمان قدرة الطائرات على الهبوط في أي حالة مناخية (الضباب والأمطار الغزيرة) لتجنب تجاوز مناطق الاقتراب وآثار ذلك السلبية على الخدمات اللوجستية.

ويمكن تجهيز الأنواع المختلفة من الطائرات برادارات الموجات المليمترية تلك، ابتداءً من الطائرات الكبيرة وحتى الطائرات الأصغر حجماً. ويتيح نطاق التردد GHz 100-95 استيفاء معايير الدقة الزاوية المتناهية الصغر ومدى الكشف الذي يبلغ عدة كيلومترات المطلوبة أمام الطائرة، وذلك ضمن عتاد صغير الحجم والوزن والاستهلاك للطاقة. ويحقق صفيف المسح الإلكتروني النشط ذو القدرة القصوى المنخفضة المرتبط بشكل الموجة المستمرة بتشكيل التردد أداء مناسباً مع تكنولوجيات أشباه الموصلات المتاحة في نطاق التردد المذكور.

الجدول 3

خصائص رادارات المساعدة على الهبوط العاملة في مدى التردد 95-100 GHz

المعلَمة	الرادار A
التطبيق	المساعدة على الهبوط
منطقة الخدمة	حول العالم، محمول جواً
مدى التردد (GHz)	99,5-95,1
القدرة القصوى للإرسال (W)	1-0,5
الاستقطاب	خطي
مدة النبضة (µs)	200-100
التشكيل بالتردد	FMCW
نمط الهوائي	صفيف نشط إلكتروني المسح
ارتفاع الهوائي بالنسبة إلى سطح الأرض (m)	0..200 (محمول جواً – منطقة الاقتراب النهائي)
كسب الهوائي (dBi)	38-34
عرض الهوائي (m)	0,4
عرض حزمة الهوائي في اتجاه السّمت (بالدرجات)	0,5
مدى مسح الهوائي في اتجاه السمت (بالدرجات)	±15
عرض حزمة الهوائي في اتجاه زاوية الارتفاع (بالدرجات)	15
مدى مسح الهوائي في اتجاه زاوية الارتفاع (بالدرجات)	±30[1]
معامل ضوضاء المستقبِل (dB)	10-8
عرض نطاق الإرسال RF (MHz)	60-30
عرض نطاق القناة (MHz)	80
أقصى عدد قنوات	4
معيار الحماية[2] للنسبة تداخل إلى ضوضاء[3] (dB)	–6

[1] لا يوجد للرادار مسح في الارتفاع، ويتم تثبيت الحزمة بالإمالة نحو الأسفل بزاوية –6 درجة، ولا يتم تعويض تفاوُت تموّر الطائرة.

[2] في غياب متطلبات الأداء.

[3] لا يشمل معيار الحماية هامش سلامة الطيران.